

Sistema inteligente de diagnóstico médico de infecciones respiratorias agudas en niños menores de cinco años

Heber Iván Mejía Cabrera, Cruz Cabrera Wilson Hebert y Luis Vives Garnique¹⁰

Introducción

Según ENDES 1996, las infecciones respiratorias agudas junto con la enfermedad diarreica aguda y la desnutrición, constituyen las principales causas de mortalidad infantil, por eso desde hace años la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y Organización Mundial de la Salud (OMS) vienen trabajando con programas que incorporan países del tercer mundo. Perú no está fuera de este problema, que se agrava debido a la automedicación en sectores urbano-marginales de la ciudad de Chiclayo, donde un 39.78% de los síntomas que motivan la automedicación.

La aplicación de la inteligencia artificial ha aportado mucho en los últimos años en el campo de la medicina, siendo una gran base para la investigación de nuevos sistemas informáticos que permitan ayudar a problemas complejos y de ámbito social que se presentan en la actualidad. La población menor de cinco años, presenta el índice de mayor prevalencia de Infecciones respiratorias agudas; se pretende dar soporte de herramientas tecnológicas de apoyo al personal que interactúa en este campo, utilizando técnicas de inteligencia artificial como redes neuronales las cuales reproducen esquemáticamente la estructura neuronal del cerebro para tratar de representar sus capacidades y ser empleados en sistemas de computación.

La metodología usada para el desarrollo del sistema inteligente en esta investigación es la ingeniería de conocimiento de Jhon Durkin, en el cual, a través de determinadas fases como la adquisición del conocimiento, diseño, prueba y documentación, se puede llegar al desarrollo de esta aplicación de software.

En este caso se piensa que este sistema experto ayuda al diagnóstico rápido de esta enfermedad, para que el médico empiece el tratamiento de manera inmediata y que el paciente no presente efectos severos como lo haría al comprar medicamentos sin receta médica e iniciar el proceso de su automedicación.

La infección respiratoria

Se define la infección respiratoria aguda como el conjunto de infecciones del aparato respiratorio causadas por microorganismos virales, bacterianos y otros, con un período

¹⁰ Universidad Señor de Sipán, Escuela de Ingeniería de Sistemas-Perú.

do inferior a 15 días, con la presencia de uno o más síntomas clínicos como: tos, rinorrea, obstrucción nasal, disfagia, disfonía, respiración ruidosa y dificultad respiratoria, los cuales pueden estar o no acompañados de fiebre; siendo la infección respiratoria aguda la primera causa de morbilidad en nuestro medio, como también de consulta a los servicios de salud y de internación en menores de cinco años.

El aparato respiratorio está expuesto en cada respiración a múltiples agentes invasores, en el niño los factores anatómicos, unidos a la inmadurez o fallos en los mecanismos de defensa, propician la infección. En la práctica pediátrica, más del 50% de los motivos de consulta son los procesos febriles, acompañados o no de sintomatología respiratoria y de estos, más del 80% son de etiología viral.

La mayor parte de las IRA (infección respiratoria aguda) tienen lugar de forma epidémica, en los meses de otoño e invierno, y en su etiología se invocan especialmente, los virus respiratorios: rinovirus, adenovirus, influenza, parainfluenza, etc., aunque también juegan un papel fundamental algunas bacterias y otros microorganismos en ese caso se considera de etiología bacteriana.

Las infecciones respiratorias agudas se clasifican dentro de dos cuadros clínicos: 1) afección a las vías respiratorias altas: resfriado común y faringo-amigdalitis, 2) afección a las vías respiratorias bajas: bronquitis, bronquiolitis y neumonía.

Para que el médico tenga elementos de juicio que le permitan emitir un diagnóstico, necesita de:

- Síntomas: expresados por el paciente, como respuestas a las preguntas del médico o comentario del paciente.
- Signos: son aquellos que el médico obtiene, al examinar al paciente.
- Historia clínica: es la información de los antecedentes del paciente en cuanto a su estado de salud.

Para la emisión de un diagnóstico el médico valora la información clasificada en términos de síntomas, signos e historia clínica. El conocimiento se capturó con la aplicación las técnicas de ingeniería del conocimiento propuesto por la metodología Jhon Durkin, luego de la captura del conocimiento se procedió a estructurarlo y representarlo en términos de valoración numérica de intensidad en escala de 0 a 1, utilizando el siguiente criterio:

Síntoma: **nariz tupidia**

Equivalente lingüístico: **Leve//moderada//Grave** Representación de la intensidad: **0.35//0.7//1**

Así, el médico valora un síntoma, signo e historia clínica, de acuerdo a la intensidad que presente el paciente, en la tabla 1 se muestra la estructuración del conocimiento.

Tabla 1
Codificación del conocimiento del dominio del problema

Nº	Datos del paciente	Descripción lingüística	Valor de entrada a la red
Síntomas			
Ne1	Rinorrea (mucosidad transparente)	Ausente//Leve//Moderada//Grave	0//0.35//0.7//1
Ne2	Nariz tupidia	Ausente//Leve//Moderada//Grave	0//0.35//0.7//1
Ne3	Malestar general	Ausente//Leve//Moderada//Grave	0//0.35//0.7//1
Ne4	Tos	Ausente//Leve//Moderada//Grave	0//0.35//0.7//1
Ne5	Estornudo	Ausente//Leve//Moderada//Grave	0//0.35//0.7//1
Ne6	Disfagia (dificultad para pasar alimentos, saliva)	Ausente//Moderada//Grave	0//0.7//1
Ne7	Cefalea (dolor de cabeza)	Ausente//Leve//Moderada//Grave	0//0.35//0.7//1
Ne8	Secreción amarillo verdoso (en el esputo)	Ausente//Presente	0//1
Ne9	Ronquera de pecho	Ausente//Leve//Moderada//Grave	0//0.35//0.7//1
Ne10	Congestión nasal	Ausente//Leve//Moderada//Grave	0//0.35//0.7//1
Ne11	Dificultad para respirar	Ausente//Constante	0//1
Ne12	Distres respiratorio	Ausente//Levantamiento del tórax	0//1
Ne13	Apetito	Normal//Disminuido	0//1
Ne14	Sed	Normal//Aumentada	0//1
Ne15	Expuesto a cambios bruscos de temperatura	Ausente//Presente	0//1
Signos			
Ne16	Alza térmica (fiebre)	Ausente//Presente	
Ne17	Faringitis (inflamación de la faringe, amígdalas)	Ausente//Leve//moderada//Grave	0//0.35//0.7//1
Ne18	Edema de cornetes nasales (cornetes inflamados-eritematosa)	Ausente//Leve//Moderada//Grave	0//0.35//0.7//1
Ne19	Estertores (ruidos pulmonares)	Ausente//Presente (fusibos, crepitante, sub crepitante, roncante)	0//1(0.25.0.5.0.7)
Ne20	Deposiciones diarreicas	Ausente//Presente	0//0.5
Ne21	Tirajes torácicos (dificultad por respirar)	Ausente//Leve//Moderado//Grave	0//0.35//0.7//1
Ne22	Distres respiratorio (esfuerzo a nivel general-aleteo nasal)	Ausente//Moderado//Grave	0//0.7//1
Ne23	Aumento de la frecuencia cardiaca (90 a 100 min.)	Ausente//Presente	0//1
Ne24	Aumento de la frecuencia respiratoria (>15 x min.)	Ausente//Presente	0//1

Nº	Datos del paciente	Descripción lingüística	Valor de entrada a la red
Ne25	Grietas con exudado (fisuras con secreción)	Ausente//Presente	0//1
Ne26	Secreción purulenta (amarillo verdosa)	Ausente//Moderada//Grave	0//0.7//1
Ne27	Las amígdalas presentan placas purulentas (pus)	Ausente//Moderada//Grave	0//0.7//1
Ne28	Shock por deshidratación (piel reseca-signo del pliegue, anuria (no orina), irritabilidad)	Ausente//Moderada//Grave	0//0.7//1
Historia clínica			
Ne29	Evolución		
Ne30	Edad		
Ne31	Antecedentes de resfriado común		
Ne32	Antecedentes de faringo-amigdalitis		
Ne33	Antecedentes de bronquitis		
Ne34	Halitosis (mal olor)	Ausente//Presente	0//1
Ne35	Inmundo suprimido (palidez).	Ausente//Presente	0//1
Ne36	Signos de desnutrición	Ausente//Leve//Moderada//Severa	0//0.35//0.7//1

Algunos signos como la temperatura necesitaron un tratamiento especial en la representación del conocimiento. Se realizó un tratamiento matemático que transforme las temperaturas a la misma escala de los síntomas estructurados en la tabla 1:

$$Alzatérmica = \left(\left(\frac{Alzatérmicadelpaciente}{36.5} \right) - 1 \right) * 10(1)$$

Para el caso de los signos de desnutrición se establece a partir del déficit de peso del paciente con la siguiente fórmula:

$$Déficitdepeso = \left(\frac{Pesoactualdelpaciente}{pesoesperadoOMS} * 100 \right) - 100(2)$$

El segundo paso es comparar el déficit de peso con la tabla N° 2 para determinar el grado de desnutrición.

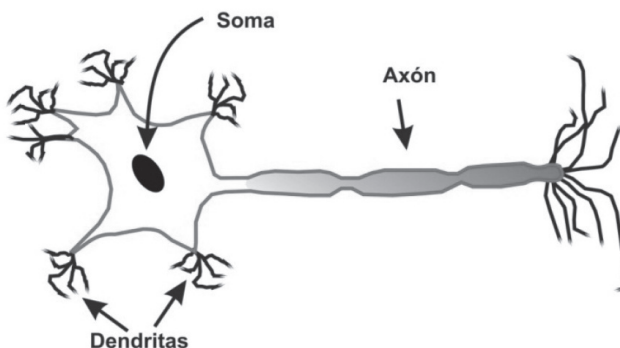
Tabla 2
Grado de desnutrición por déficit de peso establecido por la OMS

Déficit de peso	Grado de desnutrición
> 40	Nivel III (severa)
> 25-39	Nivel II (moderada)
> 10-24	Nivel I (leve)
< 10	No hay signos de desnutrición

De esta forma se capturó y estructuró el conocimiento que utilizará el sistema, en el siguiente paso se utilizó la red neuronal artificial para darle características inteligentes al sistema. En este sentido, consideramos que las redes neuronales artificiales son sistemas, hardware o software, de procesamiento, que copian esquemáticamente la estructura neuronal del cerebro para tratar de reproducir sus capacidades.

Las redes neuronales artificiales son capaces de aprender de la experiencia a partir de las señales o datos provenientes del exterior, dentro de un marco de computación paralela y distribuida. La base del funcionamiento del cerebro complejo, no lineal y paralelo son los elementos que conforman la neurona y estas son: sinapsis, axón, dendritas y soma o cuerpo como se aprecia en la figura 1.

Figura 1
Neurona biológica



Es la unidad de procesamiento de la información, modelado a un dispositivo simple de cálculo que ante un vector de entradas proporciona una única salida. El comportamiento de la neurona biológica se ha modelado matemáticamente en las siguientes ecuaciones:

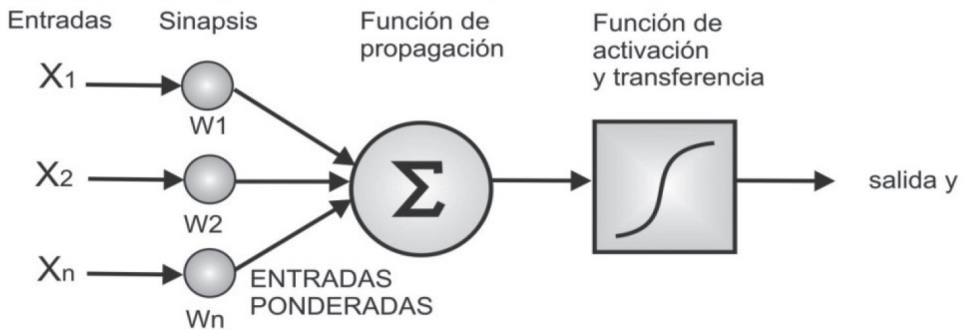
- Conjunto de entrada: x_j
- Pesos sinápticos: w_i
- Función de activación:

$$X1 \times W1 + X2 \times W2 \dots Xn \times Wn = a$$

- Función de transferencia:

$$y = f(X1 \times W1 + X2 \times W2 \dots Xn \times Wn)$$

Figura 2
Neurona artificial



Existen funciones de activación para cada propósito, pero se ha elegido la función Sigmoidea porque genera salidas entre 0 y 1 que coincide con la estructura del conocimiento establecido en esta investigación:

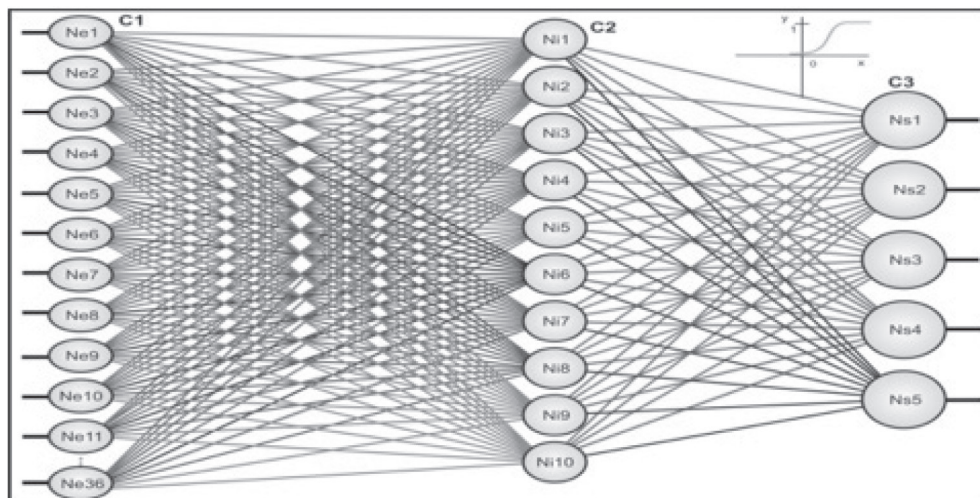
Función Sigmoide: $y = 1/(1+e^{-a})$

La interconexión de las neuronas artificiales da como resultado las redes neuronales artificiales y existen de diversas topologías de acuerdo al tipo de solución que se busque.

Casos desarrollados

La investigación pretende construir un sistema inteligente de diagnóstico médico que permite clasificar los síntomas, signos e historia clínica de cada paciente dentro de los patrones de cuadros clínicos de infección respiratoria aguda y la topología de red que permite realizar clasificación es el Perceptron multicapa, bajo ese modelo se estableció la siguiente topología de red neuronal como lo muestra la figura 3.

Figura 3
Topología de la red neuronal artificial para realizar diagnóstico médico de IRA



Se estableció tres capas de neuronas, la cantidad de neuronas artificiales en la primera capa está determinada por la cantidad de síntomas, signos e historia clínica que se establecieron en la etapa de ingeniería de conocimiento, la cantidad de neuronas en la tercera capa (capa de salida) se establecieron de acuerdo a la cantidad de cuadros clínicos que existen en el diagnóstico de IRA que se obtuvo durante la etapa de ingeniería de conocimiento.

La cantidad de capas ocultas o intermedias y la cantidad de neuronas en ellas se estableció en las pruebas de prototipo que se realizaron, donde se midió la efectividad del diagnóstico (porcentaje de aproximación con el diagnóstico del médico) y el menor tiempo de aprendizaje de la red neuronal, quedando establecido una capa oculta con 10 neuronas.

El aprendizaje supervisado de la red neuronal necesitan un conjunto de datos de entrada (síntomas, signos e historia clínica) previamente clasificado o cuya respuesta objetivo (diagnóstico) se conoce, para ellos se eligió una muestra de 32 casos de IRA válidos que se conocía su diagnóstico, con dichos datos se entrenó la red neuronal, ver figura 4.

Figura 4
Interfaz de entrenamiento de la red neuronal en la aplicación desarrollada

SEDMIRA - Entrenamiento de Red Neuronal

Entrenamiento de la Red Neuronal

El entrenamiento se realizará con 35 casos registrados.


Nº Veces:
 Error Global:

Entradas a la red Neuronal

Caso	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14
Caso 1	0.7000	0.0000	0.7000	0.0000	0.7000	0.0000	0.7000	0.0000	0.0000	0.7000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000
Caso 2	0.0000	0.0000	1.0000	0.3500	0.0000	0.7000	0.7000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000
Caso 3	0.7000	0.7000	0.7000	0.7000	0.3500	0.0000	0.7000	1.0000	0.7000	0.3500	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000
Caso 4	0.0000	0.7000	0.7000	0.7000	0.0000	0.0000	0.3500	0.0000	0.7000	0.7000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000
Caso 5	0.7000	0.0000	1.0000	0.7000	0.0000	0.7000	0.7000	1.0000	0.7000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Datos internos de la Red Neuronal

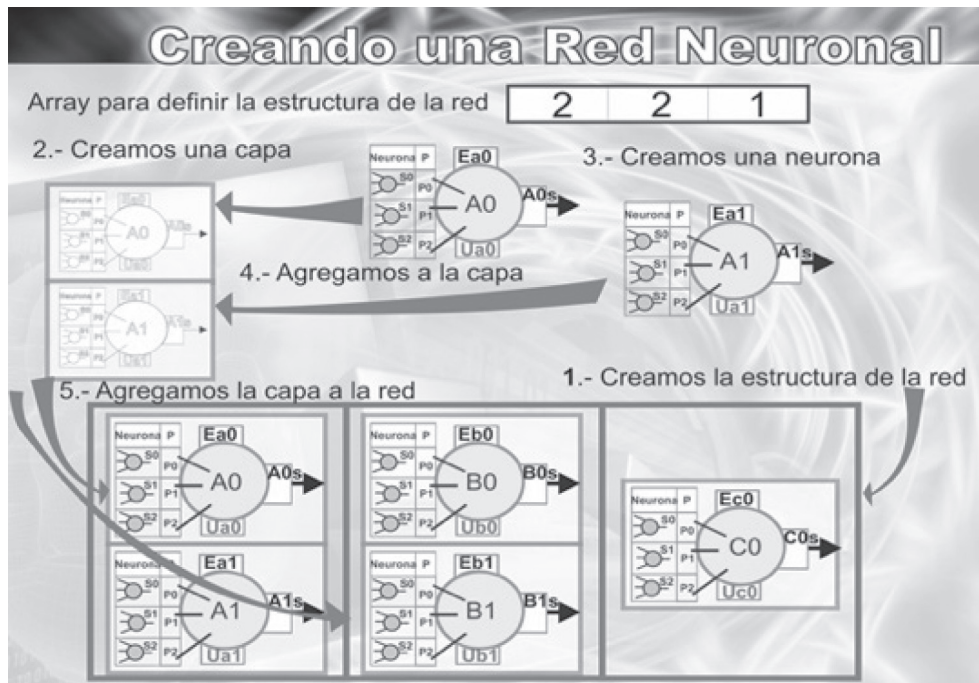
Neurona	PesosEntrada	Umbral	Error	Salida
CapaEntrada - Neurona 1		-0.01572	0.00000	0.70000
CapaEntrada - Neurona 2		-0.18144	0.00000	0.00000
CapaEntrada - Neurona 3		-0.62197	0.00000	1.00000
CapaEntrada - Neurona 4		0.16845	0.00000	0.70000
CapaEntrada - Neurona 5		-0.20281	0.00000	0.00000
CapaEntrada - Neurona 6		-0.55788	0.00000	0.70000
CapaEntrada - Neurona 7		-0.02381	0.00000	0.70000
CapaEntrada - Neurona 8		0.37399	0.00000	1.00000
CapaEntrada - Neurona 9		-0.28826	0.00000	0.70000



La red se entrenó en grupos de 1.000 ciclos por vez hasta obtener un error global de 0.00000036 que se puede considerar muy pequeña que no afecta la certeza del diagnóstico. Para implementar el diseño de la red neuronal se construyó un Framework (biblioteca de clases) con programación orientada a objetos que permite construir una red tipo Perceptron multicapa de cualquier tamaño, con las funciones requeridas en el diseño que venimos mostrando.

La figura 4 muestra lógicamente la creación de una red neuronal en el Framework representado arreglo de objetos.

Figura 5
Creación de una red neuronal en el Framework desarrollado



El sistema se desarrolló en tres capas bien definidas, la capa de datos conecta con la base de datos para guardar y cargar el conocimiento como resultado del entrenamiento, así como para almacenar el diagnóstico de los pacientes y llevar un historial clínico de diagnósticos:

Figura 6
Proceso de entrenamiento de la red neuronal dentro de la arquitectura en 3 capas

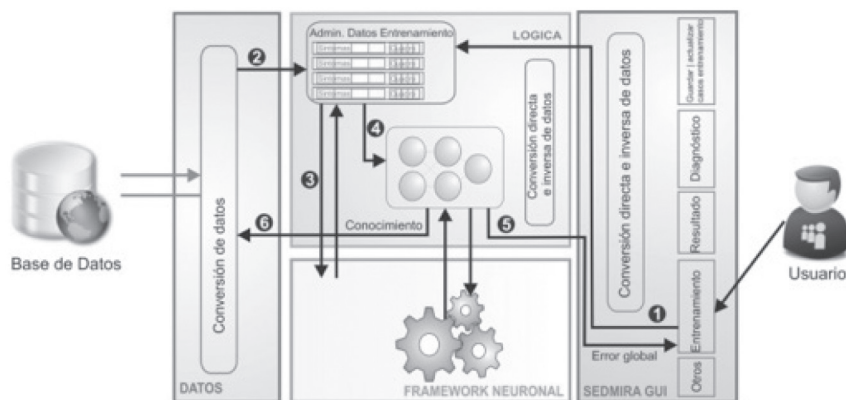
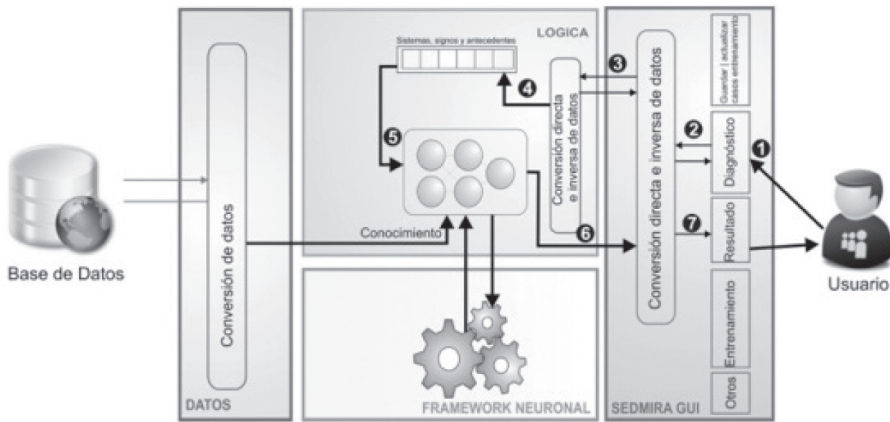


Figura 7
Proceso de diagnóstico con el sistema dentro de la arquitectura en 3 capas



La figura 6 y 7 muestra la capa de presentación que nos es más que la interfaz gráfica de usuario, también nos muestra la capa lógica donde se realiza las operaciones de lectura de conocimiento y en combinación con el Framework construyen y operan una red neuronal artificial. A continuación se muestra la interfaz gráfica de usuario para realizar un diagnóstico:

Figura 8
Interfaz gráfica para ingreso de síntomas

La imagen muestra la interfaz gráfica de usuario (GUI) del sistema SEDMIRA, titulada "SEDMIRA - Diagnóstico de Infecciones Respiratorias Agudas". La interfaz está organizada en pestañas: "Síntomas", "Signos" y "Antecedentes". En la pestaña "Síntomas", se encuentra un campo para "Datos del Paciente" con el nombre "VILLANUEVA CRUZ BRANDON DOUGLAS" y un botón "Buscar". Debajo, hay una lista de síntomas con opciones de selección (radio buttons) para "Ausente", "Leve", "Moderada" y "Grave". Los síntomas incluyen: Secreción - Rinorrea (Mucosidad Transparente), Secreción amarillo verdoso (en el esputo), Nariz Taponada, Ronquera de pecho, Malestar General, Congestión nasal, Tos, Dificultad para respirar, Estornudo, Distres respiratorio, Disfagia (Dificultad para pasar alimentos, saliva), Apetito, Cefalea (Dolor de cabeza), Sed, Fiebre, y Expuesto a: Cambios bruscos de Temperatura. En la parte inferior, hay botones para "Nuevo", "Enter Diagnóstico" y "Cerrar".

Figura 9
Interfaz gráfica para ingreso de signos

SEDMIRA - Diagnóstico de Infecciones Respiratorias Agudas

Síntomas **Signos** Antecedentes

Alza Térmica
Temperatura: 36.5 Grados

Inflamación de la faringe, amígdalas
☒ Ausente ☐ Leve ☐ Moderada ☐ Grave

Edema cometes inflamados (Eritematoso)
☒ Ausente ☐ Leve ☐ Moderada ☐ Grave

Esteriores (ruidos pulmonares)
☒ Fusibos ☐ SubCrepitante
☐ Crepitante ☐ Roncante

Deposiciones Diarreicas
☒ Presente

Tirajes Torácicos (Dificultad por respirar)
☒ Ausente ☐ Leve ☐ Moderada ☐ Grave

Distres respiratorio (Esfuerzo a nivel general - aleteo nasal)
☒ Ausente ☐ Moderada ☐ Grave

Aumento de la frecuencia cardiaca
☐ Presente 90 a 100 por minuto

Aumento de la frecuencia respiratoria
☐ Presente mayor a 15 por minuto

Grietas con exudado (fisuras con secreción)
☐ Presente

Secreción purulenta (amarillo verdosa)
☒ Ausente ☐ Moderada ☐ Grave

Las amígdalas presentan placas purulentas (pus)
☒ Ausente ☐ Moderada ☐ Grave

Shock por deshidratación (piel reseca - signo del pliegue, anuria (no orina), inestabilidad)
☒ Ausente ☐ Moderada ☐ Grave

Nuevo Entrar Diagnóstico Cerrar

Figura 10
Interfaz gráfica para ingreso de historia clínica

SEDMIRA - Diagnóstico de Infecciones Respiratorias Agudas

Síntomas Signos **Antecedentes**

Evolución
De 1 Días

Paciente
Sexo: ☒ Masculino ☐ Femenino
Edad: Años: 1 Meses: 5

Antecedentes de Resfriado Común
☐ Resfriado común una vez
☐ Resfriado común a repetición
☐ Tratamiento médico incompleto
☐ Contacto con familiares con resfriado común
☐ Automedicación

Antecedentes de Faringoamigdalitis
☐ Contacto con familiares con faringoamigdalitis
☐ Faringoamigdalitis a repetición
☐ Automedicación

Antecedentes de Bronquitis
☐ Bronquitis repetitiva
☐ Tratamiento médico incompleto
☐ Automedicación

Signos de desnutrición:
☒ Ausente ☐ Leve [grado I] ☐ Moderada [grado II] ☐ Severa [grado III]

Halitosis (mal olor)
☐ Presente

Inmuno Suprimido (Palidez)
☐ Presente

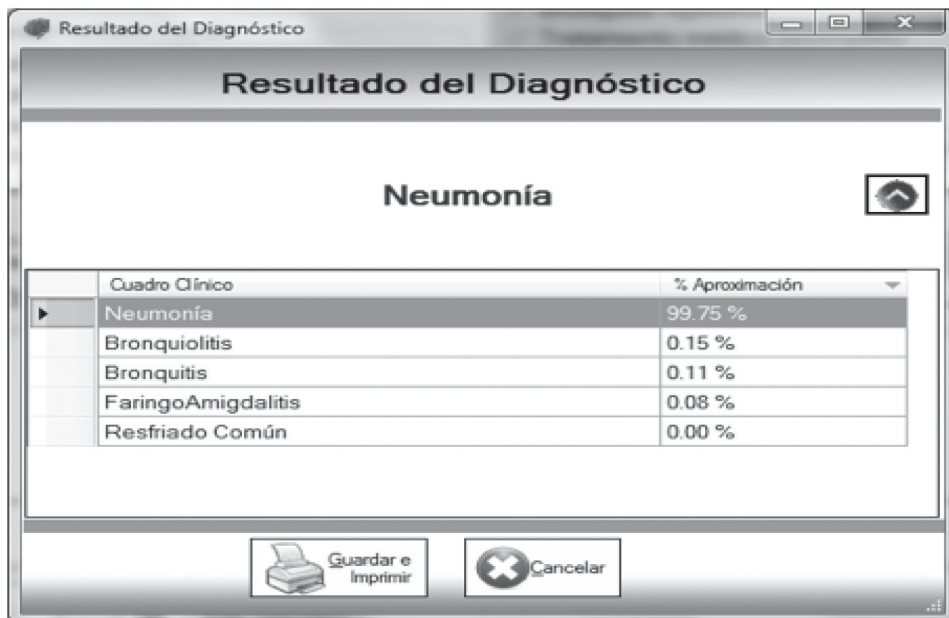
Historial Clínico Paciente

Cuadro Clínico	Fecha de Emisión	Médico

Nuevo Entrar Diagnóstico Cerrar

Una vez ingresado los datos del paciente el sistema emite un diagnóstico con porcentajes de aproximación del cuadro clínico:

Figura 11
Interfaz gráfica que muestra el resultado del diagnóstico



Se realizó una prueba piloto al sistema inteligente de diagnóstico médico de infecciones respiratorias agudas en niños menores de cinco años (SEDMIRA) con 59 pacientes y se obtuvo un acierto en el 100% de casos con el mismo diagnóstico emitido por el médico.

Sin embargo, cabe aclarar que hay dos casos en el que SEDMIRA si acertó con el diagnóstico emitido por el médico, pero con un porcentaje un poco menor al 90%, pero que coincidió con el diagnóstico del médico.

Conclusión

El uso de redes neuronales como técnica de solución al diagnóstico médico resulto muy favorable, se obtuvieron resultados alentadores, de 57 casos de prueba mostrados el sistema inteligente generó un resultado igual al emitido por el médico en un 100%.

Referencias

Hilera, R. y Martínez, J.

1995 *Redes neuronales artificiales: fundamentos, modelos y aplicaciones*. España.

Jardins, T.

1993 *Enfermedades respiratorias: manifestaciones clínicas manual moderno*. México: Balderrama.

Laos Juárez, J.A. *et al.*

2009 *Vigilancia Epidemiológica. Infecciones Respiratorias Agudas y Neumonía*. Boletín N° 6. Lima.
Red de Salud Túpac-Amaru. <http://www.minsarsta.gob.pe/redtupacamaru/>

Viñuela, Py Galván, I.

1995 *Redes de neuronas artificiales: un enfoque práctico*. Madrid: Pearson Educación.